

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
7. März 2002 (07.03.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/18034 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: B01D 53/94,
F01N 3/10

Cremlingen (DE). HAHN, Hermann [DE/DE]; Siegesstr.
7, 30175 Hannover (DE). SPIEGEL, Leo [DE/DE];
Schwabstrasse 26, 71665 Vaihingen/Enz (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/09792

(22) Internationales Anmeldedatum:
24. August 2001 (24.08.2001)

(74) Gemeinsamer Vertreter: VOLKSWAGEN AK-
TIENGESELLSCHAFT; Brieffach 1770, 38436 Wolfs-
burg (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (national): CN, JP, US.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE, TR).

(30) Angaben zur Priorität:
100 43 098.8 1. September 2000 (01.09.2000) DE

Veröffentlicht:

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): VOLKSWAGEN AKTIENGESELLSCHAFT
[DE/DE]; 38436 Wolfsburg (DE).

— mit internationalem Recherchenbericht
— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen
eintreffen

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): POTT, Ekkehard
[DE/DE]; Westring 33, 38518 Gifhorn (DE). ZILLMER,
Michael [DE/DE]; Im Schrottmorgen 18, 38173 Sickinge
(DE). LINDLAU, Michael [DE/DE]; Südfeld 35, 38162

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe
der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD FOR NO_x REGENERATION OF AN NO_x STORAGE CATALYST

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR NO_x-REGENERATION EINES NO_x-SPEICHERKATALYSATORS

(57) Abstract: The invention relates to a method for NO_x regeneration of an NO_x storage catalyst which is connected downstream of an internal combustion engine that can be operated stoichiometrically at least temporarily. Said NO_x storage catalyst is at least temporarily subjected to a sub-stoichiometric exhaust gas atmosphere with Lambda < 1 during the NO_x regeneration process. The invention provides that following the NO_x regeneration process (DENOX) and in the event of a homogenous operating mode requirement with Lambda = 1, a lean thrust is provided, the combustion engine (10) being operated with an at least slightly lean air-fuel ratio (λ_M) with Lambda > 1 for a period (τ), until it is switched to an essentially stoichiometric operating mode.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur NO_x-Regeneration eines einer zumindest zeitweise stöchiometrisch betreibbaren Verbrennungskraftmaschine nachgeschalteten NO_x-Speicherkatalysators, wobei der NO_x-Speicherkatalysator während der NO_x-Regeneration zumindest zeitweise mit einer unterstöchiometrischen Abgasatmosphäre mit Lambda < 1 beaufschlagt wird. Es ist vorgesehen, dass in einem Anschluss an die NO_x-Regeneration (DENOX) und bei Vorliegen einer homogenen Betriebsartenanforderung mit Lambda = 1 ein Magereschub durchgeführt wird, wobei die Verbrennungskraftmaschine (10) für eine Dauer (τ) mit einem zumindest leicht mageren Luft-Kraftstoff-Verhältnis (λ_M) mit Lambda > 1 betrieben wird, ehe sie in einen im wesentlichen stöchiometrischen Betriebsmodus umgeschaltet wird.

WO 02/18034 A1

Verfahren zur NO_x -Regeneration eines NO_x -Speicherkatalysators

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur NO_x -Regeneration eines einer zumindest zeitweise stöchiometrisch betreibbaren Verbrennungskraftmaschine nachgeschalteten NO_x -Speicherkatalysators mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

Es ist bekannt, in Abgaskanälen von Verbrennungskraftmaschinen NO_x -Speicherkatalysatoren anzuordnen, die in mageren Betriebsphasen, in denen die Verbrennungskraftmaschine mit einem stöchiometrischen Sauerstoffüberschuss betrieben wird, Stickoxide NO_x absorbieren. In wiederkehrenden Intervallen wird der NO_x -Speicherkatalysator einer NO_x -Regeneration unterworfen, um seine ursprüngliche NO_x -Speicherkapazität wieder herzustellen. Dabei wird der Katalysator bei einer Mindesttemperatur, die eine NO_x -Desorptionstemperatur überschreitet, mit einer fetten (unterstöchiometrischen), also kraftstoffreichen Abgasatmosphäre mit $\lambda < 1$ beaufschlagt. Unter katalytischer Unterstützung des NO_x -Speicherkatalysators wird das bei diesem Prozess desorbierte NO_x durch unvollständig verbrannte Kohlenwasserstoffe HC, Kohlenmonoxid CO und Wasserstoff H_2 des Abgases zu Stickstoff N_2 reduziert. Gleichzeitig wird bei der NO_x -Regeneration Sauerstoff, der ebenfalls in den NO_x -Speicherkatalysator, aber auch in einen häufig vorgeschalteten Vorkatalysator einlagert, entfernt. Nach Beendigung der NO_x -Regeneration wird die Verbrennungskraftmaschine üblicherweise wieder in den häufig als Schichtmodus durchgeführten Magerbetrieb umgeschaltet.

Ein Problem stellen Betriebssituationen dar, in denen betriebspunktabhängig eine Umschaltung der Verbrennungskraftmaschine unmittelbar nach der NO_x -Regeneration in einen stöchiometrischen Betrieb mit $\lambda = 1$ erforderlich ist. Dieses Erfordernis ist beispielsweise bei einer hohen Lastanforderung, wie etwa Beschleunigung oder Vollgas, gegeben. Die stöchiometrischen Betriebsbedingungen werden in der Regel in einem Homogenmodus realisiert, bei dem in einem gesamten Verbrennungsraum eines Zylinders der Verbrennungskraftmaschine eine gleichmäßige Aufbereitung eines Luft-Kraftstoff-Gemisches erzeugt wird. Der nach der NO_x -Regeneration vollkommen entleerte Sauerstoffspeicher des Vorkatalysators und des NO_x -Speicherkatalysators bewirkt, dass geringste Abweichungen des Luft-Kraftstoff-Gemisches in Richtung

- 2 -

$\Lambda < 1$ zu unmittelbaren Schadstoffdurchbrüchen, insbesondere von HC und CO, führen, da die Katalysatoren in Ermangelung von nennenswerten Oxidationsmittelmengen im Abgas oder in ihren Sauerstoffspeichern keine Oxidation dieser Schadstoffe bewirken können. Abweichungen von dem Λ -Sollwert von 1 treten insbesondere während einer Einregelungsdauer aufgrund einer gewissen Trägheit der Λ -Regelung auf. Die Trägheit der Regelung wird einerseits bedingt durch die Trägheit eines Reglers selbst sowie durch Laufzeiten des Abgases von der Verbrennungskraftmaschine bis zu einer ersten Λ -Sonde, die den Ist- Λ -Wert im Abgas erfasst.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren zur NO_x -Regeneration eines NO_x -Speicherkatalysators zu entwickeln, mit welchem eine Schadstoffemission von HC und CO in einer unmittelbar an eine NO_x -Regeneration anschließenden stöchiometrischen Betriebsphase einer Verbrennungskraftmaschine gesenkt werden kann.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass in einem Anschluss an die NO_x -Regeneration und bei Vorliegen einer homogenen Betriebsartenanforderung mit $\Lambda = 1$ ein Magerschub durchgeführt wird, wobei die Verbrennungskraftmaschine für eine Dauer mit einem zumindest leicht mageren Luft-Kraftstoff-Verhältnis mit $\Lambda > 1$ betrieben wird, ehe sie in einen im wesentlichen stöchiometrischen Betriebsmodus umgeschaltet wird. Der Magerschub bewirkt, dass der NO_x -Speicherkatalysator und diesem eventuell vorgeschaltete weitere Katalysatoren für die Dauer des Magerschubs mit einem wenigstens leichten Sauerstoffüberschuss beaufschlagt werden. Der Magerschub reicht aus, um eine Einlagerung zumindest geringer Mengen von Sauerstoff in die Katalysatoren zu bewirken. Nachfolgende Λ -amplituden in Richtung einer fetten Abgaszusammensetzung können dann kompensiert werden, indem unvollständig oder unverbrannte Kohlenwasserstoffe HC und Kohlenmonoxid CO durch den eingelagerten Sauerstoff konvertiert werden.

Die Durchführung des Verfahrens kann entweder gesteuert oder geregelt erfolgen. Für die Steuerung werden feste Werte für die Dauer und das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Magerschubs vorgegeben. In einer vorteilhaften Ausgestaltung des gesteuert durchgeführten Verfahrens beträgt die Dauer des Magerschubs 0,2 bis 5 Sekunden, vorteilhafterweise 0,7 bis 2,5 Sekunden. Gleichzeitig hat sich hierbei eine Vorgabe für

- 3 -

das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Magerschubs von 1,01 bis 1,1, insbesondere von 1,02 bis 1,05, als vorteilhaft erwiesen.

Nach einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird der Magerschub geregelt durchgeführt. Dafür wird die Dauer des Magerschubs mittels eines stromab des Vorkatalysators gemessenen Lambda- oder Spannungswertes geregelt, wobei die Verbrennungskraftmaschine solange mit einem vorgebbaren Luft-Kraftstoff-Verhältnis > 1 betrieben wird, bis der stromab des Vorkatalysators gemessene Lambda- oder Spannungswert eine vorgebbare Lambdaschwelle überschreitet oder eine vorgebbare Spannungsschwelle unterschreitet. Vorzugsweise entspricht die vorgebbare Lambdaschwelle einem gemessenen Lambdawert von 1,005 bis 1,02. Hierbei kann außerdem eine Mindestdauer vorgegeben werden, während der die Lambdaschwelle überschritten werden muss, ehe der Magerschub beendet wird. Diese Mindestdauer beträgt vorteilhafterweise 0 bis 1500 ms, insbesondere 500 bis 1000 ms. Durch die Vorgabe der Mindestdauer wird sichergestellt, dass eine Abgaslaufzeit zwischen einer Messstelle des Lambdawertes stromab des Vorkatalysators und nachgeschalteter Katalysatoren, insbesondere dem NO_x -Speicherkatalysator, berücksichtigt wird. Der Lambda- oder Spannungswert stromab des Vorkatalysators wird vorzugsweise mit einer hier angeordneten Lambdasonde, insbesondere einer Sprungantwort-Lambdasonde, gemessen. Sprungantwort-Lambdasonden haben den Vorteil einer sehr hohen Auflösung von Lambdawerten nahe 1.

Nach einer alternativen Ausgestaltung der Regelung des Magerschubs wird die Dauer des Magerschubs mittels eines stromab des NO_x -Speicherkatalysators gemessenen Lambdawertes geregelt. Hierbei wird die Verbrennungskraftmaschine solange mit einem vorgebbaren Luft-Kraftstoff-Verhältnis > 1 betrieben, bis der stromab des NO_x -Speicherkatalysators gemessene Lambda- oder Spannungswert eine vorgebbare Lambdaschwelle überschreitet oder eine vorgebbare Spannungsschwelle unterschreitet. Der Lambda- oder Spannungswert kann entweder wiederum mit einer Lambdasonde, insbesondere einer Sprungantwort-Lambdasonde oder aber mit einem NO_x -Sensor gemessen werden, der stromab des NO_x -Speicherkatalysators angeordnet ist und der zusätzlich über eine Lambdasignalausgabe verfügt. Diese Ausgestaltung des Verfahrens ist besonders dann vorteilhaft, wenn ohnehin eine Lambdasonde oder ein NO_x -Sensor dem Speicherkatalysator nachgeschaltet ist, beispielsweise um diesen zu überwachen. Die Lambdaschwelle wird auch hier vorteilhaft zwischen 1,005 bis 1,02 gewählt. Entsprechend der vorhergehend erläuterten Ausführung kann auch hier eine Mindestdauer vorgegeben werden, für die die Lambdaschwelle stromab des NO_x -

- 4 -

Speicherkatalysators überschritten werden muss, ehe die Verbrennungskraftmaschine in den stöchiometrischen Betriebsmodus umgeschaltet wird. Aufgrund der hinsichtlich des Abgasweges späten Messung des Lambdawertes sollte hier die Mindestdauer kürzer als in der vorherigen Ausführung gewählt werden. Sie beträgt vorzugsweise 0 bis 1000 ms, insbesondere 100 bis 500 ms.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der übrigen Unteransprüche.

Die Erfindung wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 schematisch einen typischen Aufbau einer Abgasanlage einer Verbrennungskraftmaschine;

Figur 2 Verlauf des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses einer Verbrennungskraftmaschine und einer HC-Emission während und nach einer Entschwefelung und

Figur 3 Verlauf der Lambdavorgabe und des Lambdawertes stromab des NO_x-Speicherkatalysators während eines Magerschubs nach einer Ausgestaltung der Erfindung.

Figur 1 zeigt eine vierzylindrige Verbrennungskraftmaschine 10 mit einer nachgeschalteten Abgasanlage 12. Aus den Zylindern der Verbrennungskraftmaschine 10 kommende Abgase münden in einen Krümmer 14 und werden anschließend in einen gemeinsamen Abgaskanal 16 vereinigt. Ein der Verbrennungskraftmaschine 10 zuzuführendes Luft-Kraftstoff-Gemisch wird mittels einer ersten im Abgaskanal angeordneten Lambdasonde 18, insbesondere einer Breitband-Lambdasonde, und einer Regeleinrichtung 20 geregelt. Die Breitband-Lambdasonde 18 erfasst eine Sauerstoffkonzentration im Abgas und übermittelt ein der Sauerstoffkonzentration proportionales Spannungssignal an die Regeleinrichtung 20. Diese vergleicht den gemessenen Lambdawert (Ist-Lambda) mit einer Lambdavorgabe (Soll-Lambda) und beeinflusst das der Verbrennungskraftmaschine 10 zuzuführende Luft-Kraftstoff-Gemisch solange, bis der gemessene Wert mit der Vorgabe übereinstimmt. Diese Lambdaregelung ist bekannt und soll hier nicht näher erläutert werden. Stromab von der Breitband-Lambdasonde 18 ist an einer relativ motornahen Position ein Kleinvolumiger

- 5 -

Vorkatalysator 22, der besonders vorteilhaft als Drei-Wege-Katalysator ausgestaltet ist, in dem Abgaskanal 16 angeordnet. Der Vorkatalysator 22 fördert gleichzeitig die Oxidation von unverbrannten Kohlenwasserstoffen HC und Kohlenmonoxid CO sowie die Reduktion von Stickoxiden NO_x . Stromab von dem Vorkatalysator 22, üblicherweise an einer Unterbodenposition eines Kraftfahrzeuges, befindet sich ein NO_x -Speicherkatalysator 24. Der NO_x -Speicherkatalysator 24 lagert in Magerphasen der Verbrennungskraftmaschine 10 in einem Überschuss vorhandenes NO_x ein und reduziert dieses während NO_x -Regenerationsintervalle des NO_x -Speicherkatalysators 24, in denen die Verbrennungskraftmaschine 10 mit einem fetten (unterstöchiometrischen) Luft-Kraftstoff-Gemisch betrieben wird, zu N_2 . Eine dem Vorkatalysator 22 nachgeschaltete Sprungantwort-Lambdasonde 26 dient einerseits einer Feinregulierung des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses der Verbrennungskraftmaschine 10 und kann andererseits der noch zu erläuternden Regelung des erfindungsgemäßen Verfahrens dienen. Dem NO_x -Speicherkatalysator 24 ist ein NO_x -Sensor 28 nachgeschaltet und dient der Überwachung des NO_x -Speicherkatalysators 24. Beispielsweise erkennt er anhand eines NO_x -Durchbruches eine Regenerationsnotwendigkeit des NO_x -Speicherkatalysators 24. Auch ein von dem NO_x -Sensor 28 ausgegebenes Lambda-Signal kann zur Regelung des erfindungsgemäßen Verfahrens herangezogen werden. Alternativ oder zusätzlich kann dem NO_x -Speicherkatalysator 24 auch eine Sprungantwort-Lambdasonde nachgeschaltet werden.

Im oberen Teil der Figur 2 ist ein vereinfachter Verlauf einer Lambdavorgabe der Verbrennungskraftmaschine 10 vor, während und nach einer NO_x -Regeneration des NO_x -Speicherkatalysators 24 dargestellt. Dabei entspricht die gepunktete Linie dem Lambdaverlauf gemäß dem Stand der Technik, während die durchgezogene Linie den Verlauf gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wiedergibt. Zur besseren Unterscheidung der beiden Verläufe sind diese beabstandet zueinander dargestellt. Im unteren Teil der Figur 2 ist auf der gleichen Zeitachse t ein stromab des NO_x -Speicherkatalysators 24 gemessener HC-Konzentrationsverlauf gemäß dem Stand der Technik und der Erfindung abgebildet. Zu einem Zeitpunkt t_1 wird beispielsweise mittels des NO_x -Sensors 28 eine NO_x -Regenerationsnotwendigkeit des NO_x -Speicherkatalysators 24 ermittelt. Infolgedessen wird die Verbrennungskraftmaschine 10 von einem mageren Lambdawert > 1 in einen fetten Betriebsmodus mit $\text{Lambda} < 1$ umgeschaltet (Figur 2, oberer Teil). Voraussetzung hierfür ist außerdem eine hinreichend hohe Temperatur des NO_x -Speicherkatalysators 24, die über einer NO_x -Desorptionstemperatur liegt. Unter diesen Bedingungen wird während einer NO_x -Regenerationsdauer DENOX NO_x aus dem NO_x -Speicher des NO_x -

- 6 -

Speicherkatalysators 24 freigesetzt und gleichzeitig mittels der im Abgas im Überschuss vorhandenen Reduktionsmittel (HC, CO, H₂) konvertiert. An einem Zeitpunkt t_2 wird die NO_x-Regeneration beendet. Liegt zu diesem Zeitpunkt ein Betriebspunkt der Verbrennungskraftmaschine 10 vor, der einen stöchiometrischen ($\lambda = 1$) Homogenbetrieb erfordert (homogene Betriebsartenanforderung), war es bislang üblich, die Verbrennungskraftmaschine 10 unmittelbar im Anschluss der NO_x-Regeneration in den stöchiometrischen Betrieb bei $\lambda = 1$ umzustellen (vergleiche gestrichelte Linie). Da infolge der NO_x-Regeneration die Sauerstoffspeicher des NO_x-Speicherkatalysators 24 und auch des Vorkatalysators 22 zumindest nahezu vollständig aufgebraucht sind, steigt das Risiko, dass während einer Einregelungsdauer auf $\lambda = 1$ Emissionen von unverbrannten Kohlenwasserstoffen HC und Kohlenmonoxid CO nicht abgefangen werden und durchbrechen.

Die gepunktete Linie im unteren Teil der Abbildung zeigt typische HC-Emissionsspitzen im Anschluss einer NO_x-Regeneration gemäß dem Stand der Technik. Dieses Problem wird erfindungsgemäß dadurch überwunden, dass nach Beendigung der NO_x-Regeneration zum Zeitpunkt t_2 während einer kurzen Dauer τ die Verbrennungskraftmaschine 10 mit einem zumindest leicht mageren Luft-Kraftstoff-Gemisch mit $\lambda_M > 1$ betrieben wird. Der während dieses Magerschubs im Abgas vorhandene Sauerstoff lagert sich bereitwillig in die Sauerstoffspeicher des Vorkatalysators 22 und des NO_x-Speicherkatalysators 24 ein. Wird die Verbrennungskraftmaschine 10 dann nach Beendigung des Magerschubs zum Zeitpunkt t_3 in den stöchiometrischen Homogenbetrieb umgestellt, so reicht die Sauerstoffreserve in den Katalysatoren 22, 24 aus, um Lambdaamplituden in Richtung < 1 abzufangen, indem HC und CO durch den eingespeicherten Sauerstoff zu CO₂ und H₂O umgesetzt werden. Der im unteren Teil der Figur 2 beispielhaft dargestellte Verlauf der HC-Emission gemäß der vorliegenden Erfindung (durchgezogene Linie) zeigt demgemäß nur sehr geringe Schwankungen auf insgesamt niedrigem Niveau.

Im einfachsten Fall der Durchführung des Verfahrens kann die Dauer τ und das Luft-Kraftstoff-Verhältnis λ_M des Magerschubs fest vorgegeben werden. Dabei beträgt τ vorzugsweise 0,7 bis 2,5 Sekunden und λ_M 1,02 bis 1,05. Besonders vorteilhaft wird die Dauer τ des Magerschubs jedoch mittels eines Lambdasignals entweder der stromab des Vorkatalysators 22 angeordneten Sprungantwort-Lambdasonde 26 oder des dem NO_x-Speicherkatalysator 24 nachgeschalteten NO_x-Sensor 28 geregelt. Dabei wird die Verbrennungskraftmaschine 10 solange mit einem vorgebbaren Luft-Kraftstoff-

- 7 -

Verhältnis $\lambda_M > 1$ betrieben, bis die Lambdasonde 26 beziehungsweise der NO_x -Sensor 28 einen Lambdawert registriert, der eine vorgebbare Lambdaschwelle überschreitet.

Die Regelung des erfindungsgemäßen Lambdасhubs anhand des Lambdasignals des NO_x -Sensors 28 ist in Figur 3 visualisiert. Hier zeigt die durchgezogene Linie die Lambdavorgabe, auf die die Verbrennungskraftmaschine 10 vor, während und nach dem Magerschub mit Hilfe der Lambdasonde 18 eingeregelt wird. Nach Beendigung der NO_x -Regeneration zum Zeitpunkt t_2 wird die Verbrennungskraftmaschine 10 mit einer mageren Lambdavorgabe λ_M betrieben. Ab diesem Zeitpunkt wird das Lambdasignal des NO_x -Sensors 28 verfolgt. Aufgrund der Verzögerung, mit der das magere Abgas der Verbrennungskraftmaschine 10 den NO_x -Sensor 28 erreicht, verharrt das Signal zunächst noch für eine kurze Weile bei dem fetten Lambdawert der NO_x -Regeneration, ehe er einen steilen Anstieg in Richtung magerer Werte zeigt. Zu einem Zeitpunkt t_3 erreicht das Lambdasignal des NO_x -Sensors 28 eine vorgebbare Lambdaschwelle λ_S . Die Lambdaschwelle λ_S liegt vorzugsweise bei einem Wert von 1,005 bis 1,02, beziehungsweise eine Sondenspannung liegt bei 200 bis 400 mV. Das Überschreiten von λ_S beziehungsweise das Unterschreiten der entsprechenden Sondenspannung löst die Beendigung des Magerschubs aus. Infolgedessen wird zum Zeitpunkt t_3 die Verbrennungskraftmaschine 10 durch die Betriebssituation auf den angeforderten stöchiometrischen Homogenbetrieb umgestellt. Um eine ausreichende Sauerstoffeinlagerung während des Magerschubs zu gewährleisten, kann vorteilhafterweise eine Mindestdauer vorgegeben werden, für die die Lambdaschwelle λ_S überschritten werden muss, ehe die Verbrennungskraftmaschine 10 in den stöchiometrischen Betrieb umgeschaltet wird (hier nicht dargestellt). Im dargestellten Beispiel, in dem die Dauer τ des Magerschubs mittels des Lambdasignals des NO_x -Sensors 28 geregelt wird, beträgt die Mindestdauer vorzugsweise 100 bis 500 ms. Im Falle der Regelung über das Signal der Sprungantwort-Lambdasonde 26 wird die Mindestdauer auf 500 bis 1000 ms gewählt. Die Regelung des Magerschubs mit einem der Sensoren 26, 28 empfiehlt sich besonders dann, wenn ohnehin entsprechende Sensoren in dem Abgaskanal 16 installiert sind. In diesem Fall ist die Regelung der einfachen Steuerung vorzuziehen, da die Dauer τ des Magerschubs auf die tatsächlich im Abgas vorhandene Sauerstoffkonzentration abgestimmt werden kann und somit nur so lang wie erforderlich gehalten werden kann.

BEZUGSZEICHENLISTE

- 10 Verbrennungskraftmaschine
- 12 Abgasanlage
- 14 Krümmer
- 16 Abgaskanal
- 18 Breitband-Lambdasonde
- 20 Regeleinrichtung
- 22 Vorkatalysator
- 24 NO_x-Speicherkatalysator
- 26 Sprungantwort-Lambdasonde
- 28 NO_x-Sensor

τ	Dauer
λ_s	Lambdaschwelle
λ_M	Luft-Kraftstoff-Verhältnis
t, t_1, t_2, t_3	Zeitpunkte
DENOX	NO _x -Regeneration

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur NO_x -Regeneration eines einer zumindest zeitweise stöchiometrisch betreibbaren Verbrennungskraftmaschine nachgeschalteten NO_x -Speicherkatalysators, wobei der NO_x -Speicherkatalysator während der NO_x -Regeneration zumindest zeitweise mit einer unterstöchiometrischen Abgasatmosphäre mit $\text{Lambda} < 1$ beaufschlagt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einem Anschluss an die NO_x -Regeneration (DENOX) und bei Vorliegen einer homogenen Betriebsartenanforderung mit $\text{Lambda} = 1$ ein Magerschub durchgeführt wird, wobei die Verbrennungskraftmaschine (10) für eine Dauer (τ) mit einem zumindest leicht mageren Luft-Kraftstoff-Verhältnis (λ_M) mit $\text{Lambda} > 1$ betrieben wird, ehe sie in einen im wesentlichen stöchiometrischen Betriebsmodus umgeschaltet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dauer (τ) und das Luft-Kraftstoff-Verhältnis (λ_M) des Magerschubs vorgegeben werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vorgegebene Dauer (τ) des Magerschubs 0,2 bis 5 s, insbesondere 0,7 bis 2,5 s, beträgt.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das vorgegebene Luft-Kraftstoff-Verhältnis (λ_M) des Magerschubs 1,01 bis 1,1, insbesondere 1,02 bis 1,05, beträgt.
5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dauer (τ) des Magerschubs mittels eines stromab eines Vorkatalysators (22) gemessenen Lambda- oder Spannungswertes geregelt wird, wobei die Verbrennungskraftmaschine (10) solange mit einem vorgebbaren Luft-Kraftstoff-Verhältnis (λ_M) > 1 betrieben wird, bis der stromab des Vorkatalysators (22) gemessene Lambda- oder Spannungswert eine vorgebbare Lambdaschwelle (λ_S) überschreitet oder eine vorgebbare Spannungsschwelle unterschreitet.

- 10 -

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lambdaschwelle (λ_s) für den stromab des Vorkatalysators (22) gemessenen Lambdawert 1,005 bis 1,02 beträgt.
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vorgebbare Lambdaschwelle (λ_s) für eine vorgebbare Mindestdauer von 0 bis 1500 ms, insbesondere 500 bis 1000 ms, überschritten wird, ehe der Magerschub beendet wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Lambda- oder Spannungswert mit einer stromab des Vorkatalysators (22) angeordneten Lambdasonde, insbesondere einer Sprungantwort-Lambdasonde (26), gemessen wird.
9. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dauer (τ) des Magerschubs mittels eines stromab des NO_x -Speicherkatalysators (24) gemessenen Lambdawertes geregelt wird, wobei die Verbrennungskraftmaschine (10) solange mit einem vorgegebenen Luft-Kraftstoff-Verhältnis (λ_M) > 1 betrieben wird, bis der stromab des NO_x -Speicherkatalysators (24) gemessene Lambda- oder Spannungswert eine vorgebbare Lambdaschwelle (λ_s) überschreitet oder eine vorgebbare Spannungsschwelle unterschreitet.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lambdaschwelle (λ_s) für den stromab des Vorkatalysators (22) gemessenen Lambdawert 1,005 bis 1,02 beträgt.
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vorgebbare Lambdaschwelle (λ_s) für eine vorgebbare Mindestdauer von 0 bis 1000 ms, insbesondere 100 bis 500 ms, überschritten wird, ehe der Magerschub beendet wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Lambda- oder Spannungswert mit einer stromab des NO_x -Speicherkatalysators (24) angeordneten Lambdasonde oder NO_x -Sensors (26) gemessen wird.

1/2

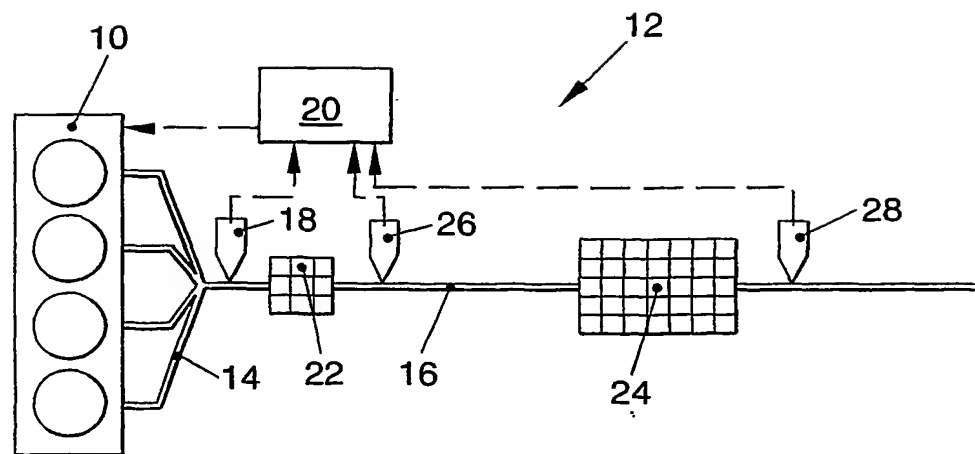


FIG. 1

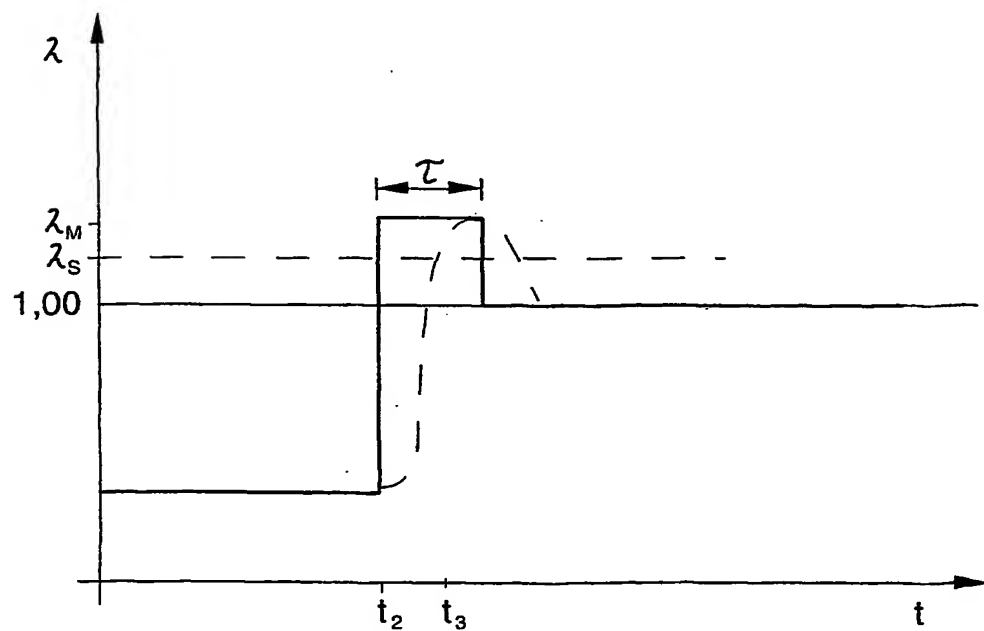


FIG. 3

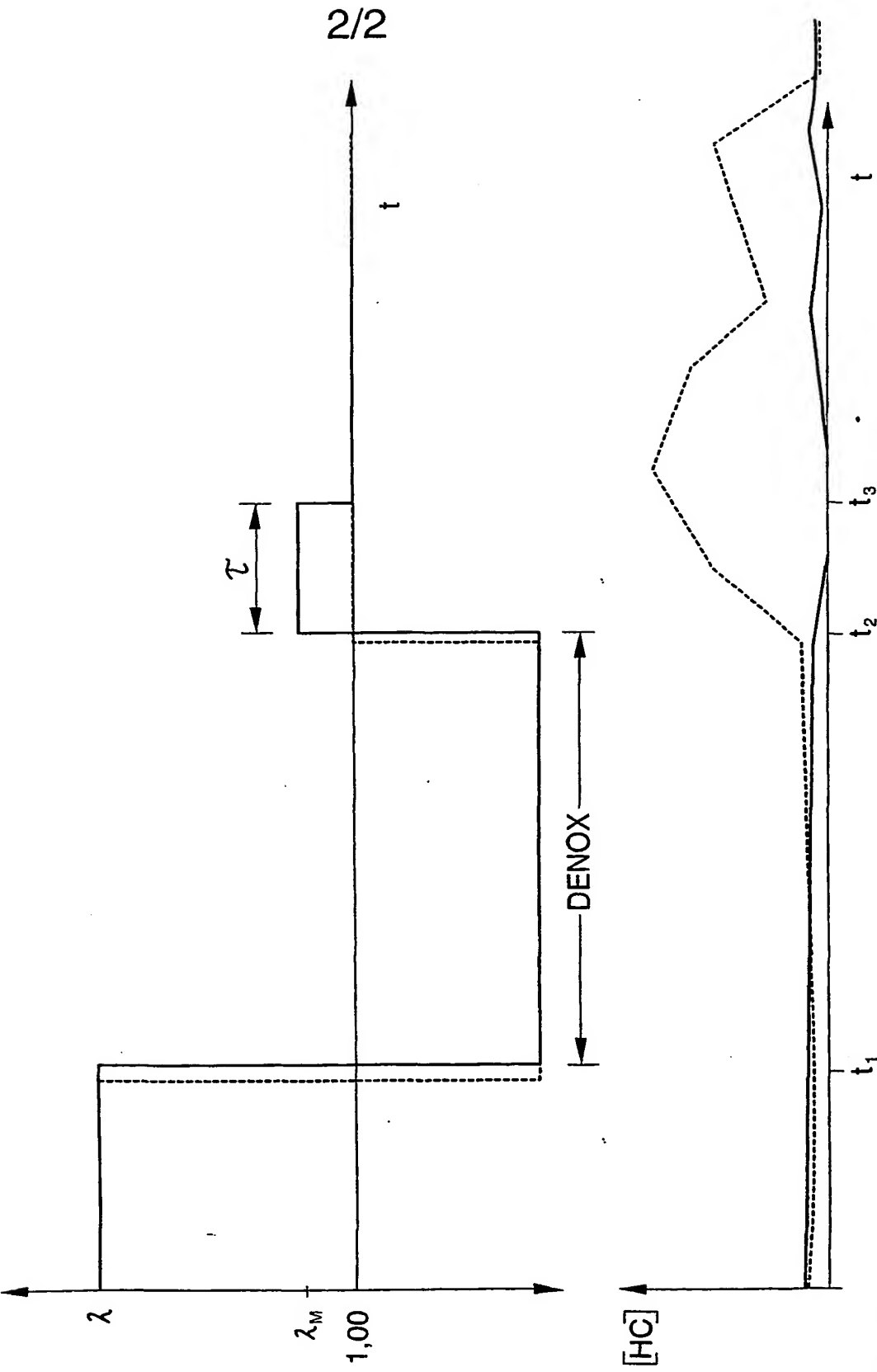


FIG. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intc : Application No

PCT/EP 01/09792

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 B01D53/94 F01N3/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B01D F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 802 318 A (HONDA GIKEN KOGYO KABUSHIKI KAISHA) 22 October 1997 (1997-10-22) column 2, line 21 -column 19, line 56 ---	1
A	WO 99 61763 A (VOLVO PERSONVAGNAR AB) 2 December 1999 (1999-12-02) page 2, line 10 -page 9, line 33 ---	1
A	EP 0 915 244 A (MITSUBISHI JIDOSHA KOGYO KABUSHIKI KAISHA) 12 May 1999 (1999-05-12) column 13, paragraph 79 -column 14, paragraph 89 ---	1
A	EP 0 899 430 A (FORD GLOBAL TECHNOLOGIES, INC.) 3 March 1999 (1999-03-03) column 2, paragraph 8 -column 8, paragraph 24 -----	1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 January 2002

Date of mailing of the international search report

16/01/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Doolan, G

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int. Application No.

PCT/EP 01/09792

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 802318	A	22-10-1997	JP 9287493 A	04-11-1997
			EP 0802318 A2	22-10-1997
			JP 2913282 B2	28-06-1999
			JP 10026040 A	27-01-1998
			US 5850815 A	22-12-1998
WO 9961763	A	02-12-1999	SE 514288 C2	05-02-2001
			AU 4663199 A	13-12-1999
			SE 9801879 A	28-11-1999
			WO 9961763 A1	02-12-1999
EP 915244	A	12-05-1999	EP 0915244 A2	12-05-1999
			JP 11193713 A	21-07-1999
EP 899430	A	03-03-1999	US 5974788 A	02-11-1999
			EP 0899430 A2	03-03-1999
			JP 11148399 A	02-06-1999
			US 6199373 B1	13-03-2001

BEST AVAILABLE COPY

INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

Inte - ies Aktenzeichen

PCT/EP 01/09792

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 B01D53/94 F01N3/10

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 7 B01D F02D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 802 318 A (HONDA GIKEN KOGYO KABUSHIKI KAISHA) 22. Oktober 1997 (1997-10-22) Spalte 2, Zeile 21 -Spalte 19, Zeile 56 ----	1
A	WO 99 61763 A (VOLVO PERSONVAGNAR AB) 2. Dezember 1999 (1999-12-02) Seite 2, Zeile 10 -Seite 9, Zeile 33 ----	1
A	EP 0 915 244 A (MITSUBISHI JIDOSHA KOGYO KABUSHIKI KAISHA) 12. Mai 1999 (1999-05-12) Spalte 13, Absatz 79 -Spalte 14, Absatz 89 ----	1
A	EP 0 899 430 A (FORD GLOBAL TECHNOLOGIES, INC.) 3. März 1999 (1999-03-03) Spalte 2, Absatz 8 -Spalte 8, Absatz 24 -----	1

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

7. Januar 2002

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

16/01/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Doolan, G

INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung

die zur selben Patentfamilie gehören

Inte

s Aktenzeichen

PCT/EP 01/09792

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 802318	A	22-10-1997	JP 9287493 A 04-11-1997
		EP 0802318 A2 22-10-1997	
		JP 2913282 B2 28-06-1999	
		JP 10026040 A 27-01-1998	
		US 5850815 A 22-12-1998	
WO 9961763	A	02-12-1999	SE 514288 C2 05-02-2001
		AU 4663199 A 13-12-1999	
		SE 9801879 A 28-11-1999	
		WO 9961763 A1 02-12-1999	
EP 915244	A	12-05-1999	EP 0915244 A2 12-05-1999
		JP 11193713 A 21-07-1999	
EP 899430	A	03-03-1999	US 5974788 A 02-11-1999
		EP 0899430 A2 03-03-1999	
		JP 11148399 A 02-06-1999	
		US 6199373 B1 13-03-2001	

BEST AVAILABLE COPY

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vorgebbare Lambdawschwelle (λ_S) für eine vorgebbare Mindestdauer von 0 bis 1000 ms, insbesondere 100 bis 500 ms, überschritten wird, ehe der Magerschub beendet wird. 5
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Lambda- oder Spannungswert mit einer stromab des NO_x -Speicherkatalysators (24) angeordneten Lambdasonde oder NO_x -Sensors (26) gemessen wird. 10

Claims

1. Method for NO_x regeneration of an NO_x storage catalytic converter which is connected downstream of an internal combustion engine which at least from time to time can be operated stoichiometrically, the NO_x storage catalytic converter, during the NO_x regeneration, being acted on at least from time to time by a substoichiometric exhaust-gas atmosphere with $\lambda < 1$, **characterized in that** following the NO_x regeneration (DENOX) and in the event of a homogenous operating mode requirement with $\lambda = 1$, a lean shift is carried out, with the internal combustion engine (10) being operated with an at least slightly lean air/fuel ratio (λ_M) with $\lambda > 1$ for a time (τ) before being switched over to a substantially stoichiometric operating mode. 20 25 30
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the time (τ) and the air/fuel ratio (λ_M) of the lean shift are predetermined. 35
3. Method according to Claim 2, **characterized in that** the predetermined time (τ) of the lean shift amounts to 0.2 to 5 s, in particular 0.7 to 2.5 s. 40
4. Method according to Claim 2 or 3, **characterized in that** the predetermined air/fuel ratio (λ_M) of the lean shift is 1.01 to 1.1, in particular 1.02 to 1.05. 45
5. Method according to Claim 1, **characterized in that** the time (τ) of the lean shift is regulated by means of a lambda or voltage value measured downstream of a primary catalytic converter (22), the internal combustion engine (10) being operated with a predetermined air/fuel ratio (λ_M) > 1 until the lambda or voltage value measured downstream of the primary catalytic converter (22) exceeds a predetermined lambda threshold (λ_S) or drops below a predetermined voltage threshold. 50 55
6. Method according to Claim 5, **characterized in that** the lambda threshold (λ_S) for the lambda value measured downstream of the primary catalytic con-

verter (22) is 1.005 to 1.02.

7. Method according to Claim 5 or 6, **characterized in that** the predetermined lambda threshold (λ_S) is exceeded for a predetermined minimum time of 0 to 1500 ms, in particular 500 to 1000 ms, before the lean shift is terminated.
8. Method according to one of Claims 5 to 7, **characterized in that** the lambda or voltage value is measured using a lambda probe, in particular a step-response lambda probe (26), arranged downstream of the primary catalytic converter (22).
9. Method according to Claim 1, **characterized in that** the time (τ) of the lean shift is regulated by means of a lambda value measured downstream of the NO_x storage catalytic converter (24), the internal combustion engine (10) being operated with a predetermined air/fuel ratio (λ_M) > 1 until the lambda or voltage value measured downstream of the NO_x storage catalytic converter (24) exceeds a predetermined lambda threshold (λ_S) or drops below a predetermined voltage threshold. 15 20 25 30
10. Method according to Claim 9, **characterized in that** the lambda threshold (λ_S) for the lambda value measured downstream of the primary catalytic converter (22) is 1.005 to 1.02. 35
11. Method according to Claim 9 or 10, **characterized in that** the predetermined lambda threshold (λ_S) is exceeded for a predetermined minimum time of 0 to 1000 ms, in particular 100 to 500 ms, before the lean shift is terminated. 40
12. Method according to one of Claims 9 to 11, **characterized in that** the lambda or voltage value is measured using a NO_x sensor (26) or lambda probe arranged downstream of the NO_x storage catalytic converter (24). 45

Revendications

1. Procédé pour la régénération du NO_x d'un catalyseur accumulateur de NO_x raccordé en aval d'un moteur à combustion interne pouvant fonctionner au moins temporairement de façon stoechiométrique, le catalyseur accumulateur de NO_x étant alimenté pendant la régénération du NO_x au moins temporairement en une atmosphère de gaz d'échappement sous-stoechiométrique avec un $\lambda < 1$, **caractérisé en ce qu'une** poussée de mélange pauvre est réalisée à la suite de la régénération du NO_x (DENOX) et en cas de présence d'une demande d'un type fonctionnement avec un mélange homogène présentant un $\lambda = 1$, le